УДК *662.765-662.765.061*

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПО ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОБОГАЩЕНИИ СУЛЬФИДНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Хужамов Умиджон Умаркулович
(PhD) и.о. доцент кафедры Металлургии
Навоийского государственного горно-технологического университета
Хужамова Гулнигор Умаркуловна
Магистрант направлении Обогащение полезных ископаемых
Навоийского государственного горно-технологического университета

АННОТАЦИЯ

В научно-технической литературе часто сталкиваемся с термином флотация, которая применяется для очистки воды от органических веществ и твёрдых взвесей, разделения смесей, ускорения отстаивания в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и др. отраслях промышленности. Флотация является одним из основным технологических процессов обогащения большинство полезных ископаемых, за счет разделения смесей тонкоизмельченных частиц. Процессы флокуляции давно и успешно используются в процессах рудообогащения, вероятно и в этом направлении собран самый большой теоретический и практический опыт. Селективная флокуляция - наиболее перспективный метод концентрирования и обогащения полезных ископаемых, выделения особо ценных веществ из сырья.

Ключевые слова: *флотация, пенообразователи, регуляторы среды, ксантогенаты, дитиофосфаты, меркаптаны, собиратели.*

ANNOTATSIYA

Ilmiy-texnik adabiyotlarda ko‘pincha kimyo, neftni qayta ishlash, oziq-ovqat va boshqa sanoat tarmoqlarida suvni organik moddalar va qattiq suspenziyalardan tozalash, aralashmalarni ajratish, tindirishni tezlashtirish uchun ishlatiladigan flotatsiya atamasiga duch kelamiz. Flotatsiya ko‘pgina foydali qazilmalarni boyitishning asosiy texnologik jarayonlaridan biri bo‘lib, mayin maydalangan zarrachalar aralashmalarini ajratish orqali amalga oshiriladi. Flokulyatsiya jarayonlari uzoq vaqtdan beri ma’danni boyitish jarayonlarida muvaffaqiyatli qo‘llanilib kelinmoqda, ehtimol bu yo‘nalishda ham eng katta nazariy va amaliy tajriba to‘plangan. Selektiv flokulyatsiya - foydali qazilmalarni konsentrlash va

boyitish, xomashyodan alohida qimmatbaho moddalarni ajratib olishning eng istiqbolli usuli.

Kalit so'zlar: *flotatsiya, ko'pik hosil qiluvchilar, muhit sozlovchilar, ksantogenatlar, ditiofosfatlar, merkaptanlar, yig'uvchilar.*

ABSTRACT

In scientific and technical literature, we often encounter the term flotation, which is used to purify water from organic substances and solid suspended matter, separate mixtures, and accelerate settling in chemical, oil refining, food, and other industries. Flotation is one of the main technological processes for enriching most minerals by separating a mixture of finely ground particles. Flocculation processes have long been successfully used in ore beneficiation processes, and perhaps the greatest theoretical and practical experience has been accumulated in this direction. Selective flocculation is the most promising method for concentrating and enriching minerals, extracting especially valuable substances from raw materials.

Key words: *flotation, foaming agents, medium regulators, xanthogenates, dithiophosphates, mercaptans, collectors.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время золото добывают из руд, причем не только собственно золотоносных, но и таких, в которых основными полезными компонентами являются другие металлы, в частности медь, цинк, серебро, свинец. В этом случае извлечение золота рассматривается как попутное. Во всех промышленно развитых странах, где ведется добыча цветных металлов, преобладает направление на комплексное использование минерального сырья. Содержание золота в рудах цветных металлов, как правило, значительно ниже, чем непосредственно в золоторудных, однако издержки производства на его добычу при этом могут быть несколько меньше [1].

Золото в вовлекаемых в переработку медно-цинковых рудах в значительной степени ассоциировано с сульфидами. Основная масса представлена мелкими и очень мелкими классами. В связи с этим большое значение приобретает изыскание технологий, позволяющих перерабатывать данные руды с максимально возможным извлечением золота [2].

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Флотация способствует решению ряда важных проблем, связанных: с расширением минеральных ресурсов за счет представления возможности вовлечение в эксплуатацию месторождения бедных комплексных руд; с комплексным использованием полиметаллических руд; с обогащением шламов.

Применение флотационного процесса непрерывно расширяется. По количеству и разнообразию перерабатываемого сырья флотация занимает первое место среди других технологических процессов обогащения. Первые данные о применении флотации в обогатительных процессах приведены в персидской рукописи, относящейся к XV веку. В этих указаниях предусматривались перемешивание сырья с маслом с последующем смешиванием с водой, что способствует разделению частиц, покрытых маслом и частиц избирательно смачивающейся с водой. Данная разновидность флокуляции была известна как масляная флокуляция и на неё В. Хайнсу (Великобритания) в 1860 году был выдан патент № 488 [3]. Однако, эффективность данного способа флотации была заниженной вследствие расхода значительных количеств масляных веществ.

А. Нибелиусом (США, 1892) и А. Мак-Куистеном (Великобритания, 1904) была разработана другая разновидность – пленочная флотация, на основе способности гидрофобных минеральных частиц удерживаться на поверхности воды, в то время как гидрофильные частицы в ней тонут. В настоящее время вышеприведенные способы флотации практически не применяются.

В настоящее время самым распространенным способом флотации наверняка является пенная флотация, с помощью которой во всем мире ежегодно обогащают более 1 млрд. т горной массы и более 20 типов руд. По литературным источникам известно о первом патенте на этот способ, который был выдан Адольфу и Артуру Бесселям (Германия, 1877). Согласно чему, частицы графита, закрепившиеся на газовых пузырьках, образующихся при кипячении суспензии (пульпы), всплывают на поверхность, что дает возможность выделению из зоны разделения. Сегодня пенная флотация проводится подачей газа на флотационных установках. Существует многочисленные теоретические данные объясняющие характер образования пен и их устойчивости от размеров, составляющих системы, от наличия реагентов так называемых пенообразователей и др. Данный вид флотации был описан как единственная самая важная операция, используемая для извлечения и обогащения сульфидных руд. Развитие пенной флотации улучшило извлечение ценных минералов, т. к. как медь и свинец из природных минералов. Она не только обеспечила полную механизацию добычи, но и позволила экономически эффективно восстанавливать ценные металлы из руды с более меньшим содержанием основного элемента, чем раньше. К настоящему времени известно такие модификаций пенной флотации, как вакуумная,

флотогравитация, ионная, электрофлотация, флотация с выделением CO_2, пенная сепарация и др [4].

Процесс флотации используется для отделения большого количества сульфидных, карбонатных и оксидных минералов перед дальнейшей очисткой. Фосфатные минералы и угольное сырье также очищаются по технологиям флотации. Несмотря на достигнутые достижения в этих направлениях производства продолжаются многочисленные научные исследования для усовершенствования флотационных процессов обработки минералов. Так изучены проблемы и перспективы переработки тонких частиц, приводятся методы оптимизации процессов обогащения сульфидного минерального сырья и их устойчивость, а также состояние их поверхности в водных растворах и пульпах, механизм окисления и образования химических соединений для различных условий флотации [5].

Общеизвестно, что флотация осуществляется за счет адсорбции молекул воздуха к минеральным частицам компонентов под воздействиями веществ называемыми «флотореагенты». Ход процесса флотационного обогащения и её результат в значительной степени определяются реагентным режимом флотации, т.е. ассортиментном видом и способом их применения. Данный режим преимущественно определяется физико-химическими характеристиками полезного ископаемого, степенью его дисперсности, а также условиями, предъявляемыми к готовым продуктам [6].

В процессе флотации для лучшего обогатительного результата обычно применяют несколько флотореагентов, действие которых взаимосвязано и зависит от концентрации каждого из них. Поэтому превышение расхода одного реагента вызывает необходимость повышения расхода других реагентов и сверх увеличения (или уменьшение) их концентрации может привести к ухудшению технологических показателей всего процесса. Эксперименты показали, что минимально возможные расходы реагентов обеспечивают меньшие затраты на переработку минерального сырья и более лучшие результаты процесса обогащения. Несмотря на накопленный теоретический и практический опыт, необходимое количество реагентов всегда определяются с помощью лабораторных флотационных опытов, уточняются в промышленных условиях для каждого минерального сырья.

На активность флотореагентов влияют различные физические процессы т.к. подача реагента (в парообразном состоянии или в виде аэрозоля) ультразвуковая, тепловая обработка и химические процессы, т.к. электрохимическое окисление, бактериальная обработка, смешивание разных

реагентов, и др. В основном данные мероприятия используются для повышения технико-экономических показателей процесса в целом.

Целевое назначение флотореагентов предопределяет их соответствие на одного из трех больших классов: собиратели, пенообразователи и регуляторы.

Собиратели по природе являются органическими веществами, закрепляющиеся по большей части на поверхности раздела твердое-жидкость. Пенообразователи же поверхностно-активные органические вещества, которые адсорбируются преимущественно на поверхности раздела жидкость-газ. Регуляторы применяются в качестве дополнения к собирателям и пенообразователям для повышения селективности флотации или повышения извлечения минералов. Представителями данного класса являются вещества как неорганического, так и органического происхождения. Основное назначение собирателей состоит из гидрофобизации минеральной поверхности, увеличении скорости и прочности прилипания частиц к пузырькам воздуха [7].

Для флотации сульфидных и сульфидизированных руд тяжелых цветных металлов наиболее эффективны серосодержащие собиратели—сульфгидрильные и производные тиокарбаминовых кислот. При флотации окисленных минералов руд редких, черных и некоторых цветных металлов эффективны кислородсодержащие (карбоновые кислоты и их производные), азотсодержащие (амины, четвертичные аммониевые основания, соли аммония) и некоторые серосодержащие собиратели.

Известно, что при флотации сульфидных руд цветных металлов эффективны сульфгидрильные собиратели: ксантогенаты, дитиофосфаты, меркаптаны, диалкилтионокарбаматы, а также сочетания этих реагентов. На практике на зарубежных обогатительных фабриках применяют четыре вида ксантогенатов щелочных металлов, начиная с этилового и заканчивая амиловым [5], обширный спектр дитиофосфатов (аэрофлотов) и их смесей с тионокарбаматами (аэропромоуторы); производные фосфониевой кислоты (аэрофины). На отечественных фабриках главным образом используется бутиловый ксантогенат калия (БКК) и несколько типов диалкилдитиофосфатов. БКК имеет ряд недостатков: низкая селективность, что приводит к усложнению технологических схем и потерям металлов в многочисленных операциях перечистки коллективных концентратов; он требует применения ряда вспомогательных реагентов, неустойчив при длительном хранении: разлагается с выделением токсичного сероуглерода. В связи с необходимостью вовлечения в переработку бедных и труднообогатимых руд, техногенных отходов, которые с одной стороны стали источником расширения минерально-сырьевой базы

страны, с другой – источником повышенной экологической опасности, встает вопрос поиска новых, более эффективных реагентов. Как российские, так и зарубежные исследователи при создании новых селективных собирателей работают в двух основных направлениях: синтез реагентов с заданными свойствами и сочетание собирателей. Для современной практики наиболее характерно применение сочетания собирателей, которое включает несколько вариантов соединений с разной флотационной активностью и окисляемостью компонентов, обладающих разной флотационной силой к определенным минералам [8].

В институте технической химии УрО РАН (г. Пермь) на основе гидразидов алифатических карбоновых кислот линейного строения предложены новые собиратели для флотации минералов цветных металлов. Исследования, проведенные на различных рудах (сульфидной медно-молибденовой (Эрдэнэт, Монголия), уральских труднообогатимых Cu–Zn (Красноуральск, Свердловской обл.), сульфидных медноникелевых (Заполярный, Мурманской обл.), вкрапленных медно-никелевых норильских месторождений), показали, что реагенты обладают выраженными собирательными свойствами и селективностью по отношению к сульфидным минералам цветных металлов, обеспечивают более высокий выход целевых металлов в сравнении с БКК, менее токсичны и устойчивы при длительном хранении.

Интенсивность процесса флотации определяется величиной поверхности раздела жидкость – газ, которая при одинаковых количествах газа будет увеличиваться с повышением дисперсности пузырьков. Однако этот процесс сопровождается с резким увеличением свободной поверхностной энергии, что повышает неустойчивой пульпы с точки зрения термодинамики, т.е. сливаются в более крупные, общая их поверхность и значение свободной энергии системы при этом уменьшаются. Чистые жидкости не могут образовывать устойчивую пену по причине того, что при столкновении воздушные пузырьки коалесцируют, уменьшая общую поверхность и значения свободной энергии системы. Пенообразователи замедляет процесс коалесценции, так как в результате адсорбции на поверхности раздела жидкость – газ образуется ориентированный слой молекул, полярные концы которых гидратируются диполями воды [9].

В зависимости пенообразовательной способности от pH вспениватели классифицируются на три основные группы: кислые, основные и нейтральные.

Кислые и нейтральные пенообразователи при флотации руд цветных и редких металлов практически не применяются, т.к. они являются токсичными

(фенольные реагенты, тяжелые пиридиновые основания) и очистка сточных вод от них представляет большую трудность.

К нейтральным пенообразователям, содержащим ароматические спирты, относятся терпинел содержащие вещества и некоторые синтетические реагенты, содержащим эфирные связи, относятся моноэфиры полипропиленгликолей, полиалкоксиалканы, диалкилфталаты, диметилфталаты, реагенты ОПСБ (окись пропилена спирт бутиловый), Э-1 и др. Пенообразователь ОПСБ обладает очень сильными пенообразующими свойствами и применяется при флотации медно-молибденовых и других руд, в цикле коллективной флотации сульфидов из полиметаллических руд.

Регуляторы — это флотационные реагенты, применяемые в дополнение к собирателям и пенообразователям для повышения селективности флотации или повышения извлечения минералов. Для флотации минерального сырья предложено около четырехсот регуляторов. В зависимости от целевого назначения в процессе флотации в каждом конкретном случае различают регуляторы активирующего, депрессирующего или подавляющего действия и регуляторы среды.

Таким образом, в настоящей работе обобщены и проанализированы некоторые приведенные в научно-технической литературе данные по созданию флотореагентов и об их сорбционных способностях на разделе соприкасающихся фаз. Схожесть и отличительные свойства исследуемых объектов подтверждают возможность еще больше расширить список собирателей, пенообразователей. С этой точки зрения остается открытым вопрос дальнейшего исследования данных объектов, способов их получения, особенно на основе отходов промышленности, что является актуальным с научной точки зрения, а также экономически и экологически выгодным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. — 4-е изд., переработ. и доп. — М.: Издательство «Горная книга», 2016. — 595 с.
2. Аксенов, В.И. Применение флокулянтов в системах водного хозяйства: учебное пособие / В.И. Аксенов, Ю.В. Аникин, Ю.А. Галкин, И.И. Ничкова, Л.И. Ушакова, Н.С. Царев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 92 с.
3. Губин С.Л., Авдохин В.М. Флотация магнетитовых концентратов катионными собирателями // Горный журнал. - 2006. - № 7. - С. 80-84.

4. Авдохин В.М. Проблемы и перспективы переработки тонких частиц // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал) 2011. № 1, С. 567-580.
5. Бобракова А.А. Обоснование реагентного режима сульфидной флотации молибденсодержащих руд алюмосиликатного состава // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал), 2013. С.298-302.
6. Матвеева Т.Н., Иванова Т.А., Громова Н.К. Теоретические подходы к созданию селективных реагентов для извлечения сульфидов с эмульсионной вкрапленностью золота / Материалы международного совещания. Верхняя Пышма, 19-24 сентября 2011 г., Екатеринбург: Издательство «Форт Диалог-Исеть», 2011. – 580 с.
7. Хужамов У.У., Каримов У.Х. Анализ способов переработки урановых руд и практика переработки урановых руд за рубежом //Academy. 2020. №1 (52).
8. Самадов, А. У., Хужакулов, Н. Б., Арипов, А. Р., Хужамов, У. У., & Хамидов, Р. А. (2019). Гидрометаллургик заводларнинг чиқинди омборини геотехнологик тадқиқоти методологияси. Ўзбекистон кончилик хабарномаси.– Навоий, (2), 11-13.
9. Бектурганов Н.С., Тусупбаев Н.К., Семушкина Л.В., Калиева Р.С. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья Цветные металлы, 2010. - №4.- С. 48-51.